

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 100 63 717.5

**Anmeldetag:** 20. Dezember 2000

**Anmelder/Inhaber:** Infineon Technologies AG,  
München/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Abscheidung dünner Schichten  
durch Chemical Vapor Deposition

**IPC:** C 23 C 16/452

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 13. Dezember 2001  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Beschreibung

Verfahren zur Abscheidung dünner Schichten durch  
Chemical Vapor Deposition

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Abscheidung  
dünner Schichten durch Chemical Vapor Deposition.

10 In der Halbleiterindustrie werden zur Abscheidung dünner  
Schichten sowohl Physical Vapor Deposition (PVD) als auch  
Chemical Vapor Deposition (CVD) Verfahren eingesetzt. Die  
CVD-Verfahren weisen gegenüber PVD-Prozessen bessere  
Kantenbedeckungen und höhere Konformalität der Abscheidung  
15 auf. CVD-Prozesse werden daher insbesondere für die Füllung  
von Deep Trench Kondensatoren oder Kontaktlöchern eingesetzt.  
Bei den so hergestellten Filmen kann es sich um Dielektrika  
(z.B. Siliziumdioxid, Siliziumnitrid, Aluminiumoxid,  
Tantaloxid, etc.) aber auch um Metalle und metallhaltige  
20 Verbindungen handeln. Insbesondere werden Schichten von  
Übergangsmetallen wie z.B. Wolfram und von  
Übergangsmetallsiliziden und -nitriden wie z.B. WN, WSix,  
CoSi, TaSi, etc. abgeschieden.

25 Bei CVD Verfahren werden die Ausgangsprodukte als  
gasförmige Verbindungen in den Reaktorraum eingebracht und  
reagieren auf der Substratoberfläche zum gewünschten  
Endprodukt. Die benötigte Energie für die Reaktion wird in  
Form von Wärme über Wandheizungen, Strahlung oder  
30 Suszeptor/Waferheizungen zugeführt. Der typische  
Temperaturbereich bei der Deposition liegt dabei zwischen  
400°C und 900°C.

Es gibt jedoch Anwendungsbereiche wie z.B. das Füllen  
35 von Strukturen mit extremen Aspektverhältnissen oder  
Abscheidungen auf temperaturempfindlichen Schichten wie  
Aluminiummetallisierungen oder organischen Dielektrika, bei

denen deutlich geringere Temperaturen von mehr als 100°C unter den oben genannten üblichen Temperaturen wünschenswert sind. Durch diese tieferen Temperaturen können zum einen Kantenbedeckung und Konformalität erhöht werden und zum  
5 anderen wird das Abscheiden bestimmter Schichten ohne Schädigung des darunterliegenden Substrats erst ermöglicht.

Der Durchführung von CVD-Verfahren bei tieferen Temperaturen stehen verschiedene Nachteile im Wege. So kann  
10 z.B. die Abscheidung bestimmter Schichten erst ab einer gewissen Temperatur erfolgen, ein Absenken der Temperatur ist also überhaupt nicht möglich. Bei Abscheidungen, die zwar grundsätzlich durchgeführt werden können, zeigt sich aber eine zum Teil so stark verringerte Abscheiderate, dass eine  
15 wirtschaftliche Anwendung nicht möglich ist. Bei anderen Depositionsreaktionen ist nur der Nukleationsschritt, d.h. die Bedeckung der Substratoberfläche mit einer ersten Lage der abzuscheidenden Substanz problematisch, während die weitere Abscheidung durchaus bei der geringeren Temperatur  
20 stattfinden kann.

Aus den genannten Gründen wurde versucht Verfahren zu entwickeln, die CVD Prozesse bei niedrigeren Temperaturen ermöglichen. Ein solches Verfahren zur Temperaturreduzierung  
25 ist die Erzeugung eines Plasmas. Die dabei entstehenden Ionen, freien Radikale und angeregten Moleküle sind reaktiver als die Ausgangsmoleküle, so dass die Abscheidereaktionen bei niedrigerer Temperatur erfolgen können. Bei diesen Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition (PECVD) Prozessen kommt es  
30 jedoch häufig durch die Reaktivität und die Vielfalt der entstehenden Substanzen zu unerwünschten Gasphasenreaktionen oder zu unerwünschten Nebenreaktionen, die dann zu vermehrter Kontamination der Schichten mit Fremdsubstanzen führen.

35 Die US 5,637,351 beschreibt eine Methode zur Erhöhung der Abscheiderate bei CVD-Verfahren, die auf der Zugabe von Radikalbildnern in den CVD-Reaktor basiert. Offenbart wird

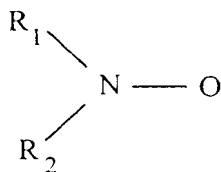
der Einsatz von organischen Radikalbildnern bei der Abscheidung von  $\text{SiO}_2$  aus einem Diethylensilan/Sauerstoff-Gemisch.

5        Trotzdem besteht weiterhin Bedarf an Verfahren, die eine Absenkung der Temperatur bei CVD-Verfahren unter Beibehaltung wirtschaftlich vertretbarer Abscheideraten ermöglichen.

10        Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Abscheidung dünner Schichten durch Chemical Vapor Deposition bereitzustellen, das bei tieferen als aus dem Stand der Technik bekannten Temperaturen durchgeführt werden kann.

15        Diese Aufgabe wird durch das Verfahren zur Abscheidung dünner Schichten durch Chemical Vapor Deposition gemäß unabhängigen Patentanspruch 1 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen, Ausgestaltungen und Aspekte der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den abhängigen  
20        Patentansprüchen und der Beschreibung.

25        In dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Abscheidung dünner Schichten durch Chemical Vapor Deposition wird dem Gasstrom, der die abzuscheidenden Materialien beinhaltet, eine effektive Menge an Nitroxyl-Radikalen der Struktur



30        zugesetzt. Dabei bedeuten  $\text{R}_1$  und  $\text{R}_2$  gleiche oder verschiedene Alkyl-, Alkenyl-, Alkinyl-, Acyl- oder Aryl-Reste mit oder ohne Heteroatome.  $\text{R}_1$  und  $\text{R}_2$  zusammen können auch eine Struktur  $-\text{CR}_3\text{R}_4-\text{CR}_5\text{R}_6-\text{CR}_7\text{R}_8-\text{CR}_9\text{R}_{10}-\text{CR}_{11}\text{R}_{12}-$  bilden, worin  $\text{R}_3$ ,  $\text{R}_4$ ,  
35         $\text{R}_5$ ,  $\text{R}_6$ ,  $\text{R}_7$ ,  $\text{R}_8$ ,  $\text{R}_9$ ,  $\text{R}_{10}$ ,  $\text{R}_{11}$ ,  $\text{R}_{12}$  wiederum gleiche oder verschiedene Alkyl-, Alkenyl-, Alkinyl-, Acyl- oder Aryl-Reste mit oder ohne Heteroatome sind.

In dem erfindungsgemäßen Verfahren werden der Gasmischung, die in den Reaktorraum eingeleitet wird, Nitroxyl-Radikale zugesetzt. Dadurch wird die

5 Abscheidetemperatur gegenüber herkömmlichen CVD-Verfahren deutlich verringert und das Substrat wesentlich weniger thermisch belastet. Dies ist besonders dann vorteilhaft, wenn bereits temperaturempfindliche Schichten vorliegen, wie z.B. low-k Dielektrika auf organischer Basis. Außerdem wird eine  
10 konformere Abscheidung erreicht. Bei einer gegebenen Reaktionstemperatur wird durch den Zusatz der Nitroxyl-Radikale die Depositionsgeschwindigkeit deutlich erhöht bzw. die Reaktion überhaupt erst ermöglicht. Die Nitroxyl-Radikale unterscheiden sich in ihrer Reaktivität, so dass durch  
15 geeignete Auswahl der Substanzen die Abscheidereaktion gesteuert werden kann. Daneben kann durch die Anlagerung der Radikale an die Oberfläche die Reaktivität der Oberfläche erhöht werden, wodurch Abscheidungen an inerten oder passivierten Substraten ermöglicht werden.

20

Bevorzugt werden Ausführungsformen gemäß denen  $R_1$  und  $R_2$  eine Struktur  $-CR_3R_4-CR_5R_6-CR_7R_8-CR_9R_{10}-CR_{11}R_{12}-$  bilden, worin  $R_3, R_4, R_5, R_6, R_7, R_8, R_9, R_{10}, R_{11}, R_{12}$  gleich oder verschieden Wasserstoff, Methyl oder Ethyl sind. Insbesondere bevorzugt  
25 bilden  $R_1$  und  $R_2$  eine Struktur  $-CR_3R_4-CR_5R_6-CR_7R_8-CR_9R_{10}-CR_{11}R_{12}-$ , worin  $R_3, R_4, R_{11}, R_{12}$  Methyl sind und  $R_5, R_6, R_7, R_8, R_9, R_{10}$  Wasserstoff sind. Die damit definierte Verbindung 2,2,6,6-Tetramethyl-1-piperinyloxy sublimiert bei verringertem Druck unzersetzt und ist daher sehr gut für CVD Anwendungen  
30 geeignet.

Bevorzugt wird das erfindungsgemäße Verfahren zur Abscheidung eines dielektrischen Materials angewendet, insbesondere zur Abscheidung von Siliziumdioxid,  
35 Siliziumnitrid, Aluminiumoxid, Tantaloxid oder deren Mischungen.

Sehr gut geeignet ist das erfindungsgemäße Verfahren auch zur Abscheidung eines Metalls oder einer Metalllegierung, insbesondere zur Abscheidung von Wolfram, Kobalt, Tantal oder deren Gemischen.

5

Ebenfalls gute Ergebnisse werden bei der Abscheidung von metallhaltigen Verbindungen erzielt, insbesondere bei der Abscheidung von einem Metallnitrid oder einem Metallsilizid, wobei die Abscheidung von WN, WSi<sub>x</sub>, CoSi, TaSi oder deren  
10 Gemische sich als ganz besonders vorteilhaft herausstellt.

Der Zusatz von freien Nitroxyl-Radikalen ist insbesondere dann sehr gut geeignet, wenn nur ein Precursorgas genutzt wird, wenn also der die abzuscheidenden  
15 Materialien beinhaltende Gasstrom neben den zugesetzten Nitroxyl-Radikalen nur eine chemische Verbindung beinhaltet. Durch den Zusatz von Nitroxyl-Radikalen werden unerwünschte Nebenreaktionen oder verfrühte Gasphasenreaktionen stark eingeschränkt.

20

Wie bereits erläutert dient der Zusatz von freien Nitroxyl-Radikalen dazu, den CVD-Prozess bei niedrigeren als den üblicherweise angewendeten Temperaturen ablaufen zu lassen. Es wird daher bevorzugt, die Abscheidung bei einer  
25 Temperatur zwischen 100°C und 500°C durchzuführen. Insbesondere wird bevorzugt die Abscheidung bei einer Temperatur zwischen 150°C und 250°C durchzuführen.

In dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es bevorzugt dem  
30 Gasgemisch nur sehr geringe Mengen an Nitroxyl-Radikalen zuzusetzen. Bei entsprechender Prozessführung oder Reaktionsmechanismus können sehr kleine Mengen an Nitroxyl-Radikalen ausreichen. Bevorzugt werden die Nitroxyl-Radikale in einer Konzentration von < 5%, besonders bevorzugt in einer  
35 Konzentration von < 1 % der zur Deposition benötigten Gase zugesetzt.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung werden die Nitroxyl-Radikale dem Gasgemisch nur zu Beginn des Abscheide-Prozesses zugegeben. Dieses Verfahren birgt insbesondere bei den CVD Prozessen Vorteile, bei denen ein sogenannter Nukleationsschritt vorausgeht. In diesem Fall reicht es aus, die Radikale nur während des Anfangszeitraums zuzusetzen, um die Reaktion zu initiieren. Danach läuft die eigentliche Abscheidung als eine radikalische Kettenreaktion weiter. Ein Beispiel für diese Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die Abscheidung von Wolframsilizid. Beim Nukleationsschritt der Wolframsilizid-CVD mit einem Gemisch aus Dichlorsilan und Wolframhexafluorid werden Nitroxyl-Radikale zugegeben. Die Dichlorsilanreaktion läuft über Radikale als Zwischenprodukte ab, der Nukleationsschritt ist temperaturkritisch. Ist die Nukleationsschicht einmal gebildet, läuft die Abscheidung ohne weiteren Zusatz von Nitroxyl-Radikalen weiter.

Besonders bevorzugt ist die Zugabe der Nitroxyl-Radikale zu Beginn des Abscheide-Prozesses für einen Zeitraum von 5 bis 20 Sekunden.

Ebenfalls bevorzugt wird eine Ausführungsform gemäß der die Nitroxyl-Radikale dem Gasgemisch während des Abscheide-Prozesses abwechselnd für bestimmte Zeiträume zugegeben und dann für bestimmte Zeiträume nicht zugegeben werden. Durch diese Ausführungsform können beispielsweise Doppel- oder Mehrfachsichten aus unterschiedlichen Substanzen abgeschieden werden. Beispiele für diese Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die Abscheidung einer Wolfram- oder einer  $WSi_x$ -Schicht ohne Zusatz von Radikalen, anschließend Zugabe von Radikalen und Dichlorsilan zur Siliziumabscheidung, und anschließend erneute Wolfram- oder Wolframsiliziddeposition ohne Radikal-Zugabe. Mit dieser Methode können Verbindungszusammensetzungen/Stöchiometrien erreicht werden, die bei einer gleichzeitigen Abscheidung nicht möglich sind. Die Länge der Zeiträume, in denen

Nitroxyl-Radikale zugegeben bzw. nicht zugegeben werden, richtet sich nach der Dicke der Schicht, die jeweils abgeschieden werden soll.

5        Besonders bevorzugt ist die kontinuierliche Zugabe der Nitroxyl-Radikale zu dem Gasgemisch während des gesamten Abscheide-Prozesses. Dadurch wird eine Absenkung der Temperatur und/oder eine Beschleunigung der Deposition erreicht. Beispiele für diese Ausführungsform der  
10        vorliegenden Erfindung sind die Abscheidung von  $\text{SiO}_2$  mit  $\text{SiH}_4/\text{O}_2$ - oder TEOS/ $\text{O}_2$ -Gemischen, die Abscheidung von  $\text{Si}_3\text{N}_4$  mit  $\text{NH}_3/\text{SiH}_4$ -Gemischen, die Abscheidung von Metallsiliziden mit Dichlorsilan oder Silan und die Abscheidung von Silizium mit Silan, Disilan und Dichlorsilan.

15        Das erfindungsgemäße Verfahren kann in besonders vorteilhafter Weise zur Abscheidung dünner Schichten auf Halbleitermaterialien, zur Füllung von Deep Trench Kondensatoren und zur Füllung von Kontaktlöchern angewendet  
20        werden.

### Beispiele

25        Die im folgenden in Klammern angegebenen Bereiche für Druck, Temperatur und Gasflüsse geben das mögliche Prozeßfenster an. Die einzelnen Werte können innerhalb dieser Größen variiert werden, die abgeschiedenen Schichten unterscheiden sich dann hinsichtlich ihrer Zusammensetzung  
30        (z.B. kann das Wolframsilizid mit W oder Si angereichert werden) und/oder Abscheideraten. Die Deposition kann somit den jeweiligen Erfordernissen angepaßt werden.

### 35        Beispiel 1



In einem Vertikalofen (Firma: SVG, Typ AVP 8000) mit einer Kapazität von bis zu 150 Scheiben wird ein Batch Prozess durchgeführt, d.h. es können mehrere Wafer gleichzeitig beschichtet werden.

5

Durch einen CVD-Prozess erfolgt die Abscheidung einer Siliziumnitrid-Schicht. Als Precursor-Gase werden Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) und Dichlorsilan ( $\text{SiCl}_2\text{H}_2$ ) in Anwesenheit des Radikals 2,2,6,6-Tetramethyl-1-piperidinyloxy eingesetzt.

10

Die Abscheidung erfolgt in einem Temperaturbereich zwischen 400 und 500°C. Im Gegensatz dazu sind als Standardtemperaturen für die Abscheidung von Siliziumnitrid 650 bis 800°C üblich.

15

Flussraten:

Ammoniak: 280 sccm (230 - 400 sccm)

Dichlorsilan: 70 sccm (40 - 150 sccm)

2,2,6,6-Tetramethyl-1-piperidinyloxy:

20

3 sccm (2.5 - 4 sccm)

Gesamtdruck: 150 torr (100 - 250 torr)

## Beispiel 2

25

Die Abscheidung erfolgt in einer sogenannten Einzelscheibenanlage (Typ "Centura" der Fa. Applied Materials). Der Wafer wird von unten über den Träger beheizt, die Gase werden oberhalb des Wafers eingeleitet.

30

Durch einen CVD-Prozess erfolgt die Abscheidung einer Wolframsilizid-Schicht auf einem Substrat. Als Precursor-Gase werden Wolframhexafluorid ( $\text{WF}_6$ ) und Dichlorsilan ( $\text{SiCl}_2\text{H}_2$ ) eingesetzt. Der Zusatz des Radikals 2,2,6,6-Tetramethyl-1-piperidinyloxy erfolgt während eines sogenannten Nukleationsschrittes, der der eigentlichen Abscheidung

35

- vorausgeht. Das Radikal wird für einen Zeitraum von 15 sec (7 bis 25 sec) zugegeben.

Die Abscheidung erfolgt in einem Temperaturbereich  
5 zwischen 300 und 400°C. Im Gegensatz dazu sind als Standardtemperaturen für die Abscheidung von Wolframsilizid 500 bis 600°C üblich.

Flussraten:

10           Wolframhexafluorid: 3 sccm (1 - 5 sccm)  
             Dichlorsilan:           300 sccm (100 - 300 sccm)  
             2,2,6,6-Tetramethyl-1-piperidinyloxy:  
  2,5 sccm (1.5 - 3.5 sccm)  
             Gesamtdruck:           1.0 torr (0,7 - 5 torr)

15

Beispiel 3

Die Abscheidung erfolgt in einer sogenannten  
20 Einzelscheibenanlage (Typ "Centura" der Fa. Applied Materials). Der Wafer wird von unten über den Träger beheizt, die Gase werden oberhalb des Wafers eingeleitet.

Durch einen CVD-Prozess wird die Schichtenfolge poly-  
25 Silizium / Wolframsilizid / poly-Silizium auf einem Substrat abgeschieden. Als Precursor-Gase werden Wolframhexafluorid (WF<sub>6</sub>) und Dichlorsilan (SiCl<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) eingesetzt. Als Radikal wird 2,2,6,6-Tetramethyl-1-piperidinyloxy verwendet.

30 Die Abscheidung erfolgt in einem Temperaturbereich zwischen 300 und 400°C. Im Gegensatz dazu sind als Standardtemperaturen für die Wolframsiliziddepositionen 500 bis 600°C üblich, während poly-Silizium normalerweise bei Temperaturen über 600°C abgeschieden wird.

35

Die Parameter zur Abscheidung der verschiedenen Schichten lauten im einzelnen wie folgt:

## a) Siliziumschicht

## Flussraten:

Wolframhexafluorid: 0

5 Dichlorsilan: 300 sccm (100 - 300 sccm)

2,2,6,6-Tetramethyl-1-piperidinyloxy:

2.0 sccm (1 - 4 sccm)

Gesamtdruck: 3.0 torr (0,7 - 5 torr)

10

## b) Wolframsilizidschicht

## Flussraten:

Wolframhexafluorid: 3 sccm (1 - 5 sccm)

Dichlorsilan: 300 sccm (100 - 300 sccm)

2,2,6,6-Tetramethyl-1-piperidinyloxy:

15

0

Gesamtdruck: 1.0 torr (0,7 - 5 torr)

Es erfolgt die Abscheidung eines wolframreichen  
Silizids WSi.

20

## c) Siliziumschicht

## Flussraten:

Wolframhexafluorid: 0

Dichlorsilan: 300 sccm (100 - 300 sccm)

2,2,6,6-Tetramethyl-1-piperidinyloxy:

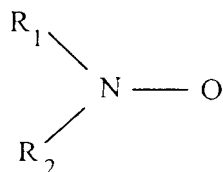
25

2.0 sccm (1 - 4 sccm)

Gesamtdruck: 3.0 torr (0,7 - 5 torr)

Patentansprüche

1. Verfahren zur Abscheidung dünner Schichten durch Chemical Vapor Deposition,  
dadurch gekennzeichnet, dass dem die abzuscheidenden Materialien beinhaltenden Gasstrom eine effektive Menge an Nitroxyl-Radikalen der Struktur



zugesetzt wird, wobei  $R_1$  und  $R_2$  gleiche oder verschiedene Alkyl-, Alkenyl-, Alkinyl-, Acyl- oder Aryl-Reste mit oder ohne Heteroatome sind und  $R_1$  und  $R_2$  zusammen eine Struktur  $-CR_3R_4-CR_5R_6-CR_7R_8-CR_9R_{10}-CR_{11}R_{12}-$  bilden können, worin  $R_3, R_4, R_5, R_6, R_7, R_8, R_9, R_{10}, R_{11}, R_{12}$  gleiche oder verschiedene Alkyl-, Alkenyl-, Alkinyl-, Acyl- oder Aryl-Reste mit oder ohne Heteroatome sind.

2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  $R_1$  und  $R_2$  eine Struktur  $-CR_3R_4-CR_5R_6-CR_7R_8-CR_9R_{10}-CR_{11}R_{12}-$  bilden, worin  $R_3, R_4, R_5, R_6, R_7, R_8, R_9, R_{10}, R_{11}, R_{12}$  gleich oder verschieden Wasserstoff, Methyl oder Ethyl sind.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet, dass  $R_1$  und  $R_2$  eine Struktur  $-CR_3R_4-CR_5R_6-CR_7R_8-CR_9R_{10}-CR_{11}R_{12}-$  bilden, worin  $R_3, R_4, R_{11}, R_{12}$  Methyl sind und  $R_5, R_6, R_7, R_8, R_9, R_{10}$  Wasserstoff sind.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass ein dielektrisches Material abgeschieden wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
Siliziumdioxid, Siliziumnitrid, Aluminiumoxid, Tantaloxid  
oder deren Mischungen abgeschieden wird.
- 5 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
ein Metall oder eine Metalllegierung abgeschieden wird.
- 10 7. Verfahren nach Anspruch 6,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
Wolfram, Kobalt, Tantal oder deren Gemische abgeschieden  
wird.
- 15 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
eine metallhaltige Verbindung abgeschieden wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8,  
20 dadurch gekennzeichnet, dass  
ein Metallnitrid oder ein Metallsilizid abgeschieden wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
25 WN, WSi<sub>x</sub>, CoSi, TaSi oder deren Gemische abgeschieden  
wird.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
30 der die abzuscheidenden Materialien beinhaltende Gasstrom  
neben den zugesetzten Nitroxyl-Radikalen nur eine  
chemische Verbindung beinhaltet.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
35 dadurch gekennzeichnet, dass  
die Abscheidung bei einer Temperatur zwischen 100°C und  
500°C durchgeführt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12,

5        d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,    dass  
      die Abscheidung bei einer Temperatur zwischen 150°C und  
      250°C durchgeführt wird.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

10        d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,    dass  
      die Nitroxyl-Radikale dem Gasgemisch in einer  
      Konzentration von < 5% zugesetzt werden.

15. Verfahren nach Anspruch 14,

15        d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,    dass  
      die Nitroxyl-Radikale dem Gasgemisch in einer  
      Konzentration von < 1% zugesetzt werden.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

20        d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,    dass  
      die Nitroxyl-Radikale dem Gasgemisch nur zu Beginn des  
      Abscheide-Prozesses zugegeben werden.

17. Verfahren nach Anspruch 16,

      d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,    dass  
      die Nitroxyl-Radikale dem Gasgemisch nur zu Beginn des  
      Abscheide-Prozesses für einen Zeitraum von 5 bis 20  
      Sekunden zugegeben werden.

18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

30        d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,    dass  
      die Nitroxyl-Radikale dem Gasgemisch während des  
      Abscheide-Prozesses abwechselnd für bestimmte Zeiträume  
      zugegeben und dann für bestimmte Zeiträume nicht zugegeben  
      werden.

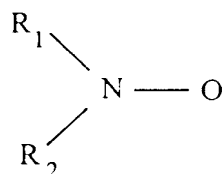
35    19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15,

      d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,    dass

die Nitroxyl-Radikale dem Gasgemisch während des gesamten Abscheide-Prozesses kontinuierlich zugegeben werden.

## Zusammenfassung

Beschrieben wird ein Verfahren zur Abscheidung dünner Schichten durch Chemical Vapor Deposition, wobei dem Gasstrom, der die abzuscheidenden Materialien beinhaltet, eine effektive Menge an Nitroxyl-Radikalen der Struktur



zugemischt wird. Dabei bedeuten  $R_1$  und  $R_2$  gleiche oder verschiedene Alkyl-, Alkenyl-, Alkinyl-, Acyl- oder Aryl-Reste mit oder ohne Heteroatome.  $R_1$  und  $R_2$  zusammen können auch eine Struktur  $-CR_3R_4-CR_5R_6-CR_7R_8-CR_9R_{10}-CR_{11}R_{12}-$  bilden, worin  $R_3, R_4, R_5, R_6, R_7, R_8, R_9, R_{10}, R_{11}, R_{12}$  wiederum gleiche oder verschiedene Alkyl-, Alkenyl-, Alkinyl-, Acyl- oder Aryl-Reste mit oder ohne Heteroatome sind.